

RESISTANCE WELDING DIAGNOSTIC METHOD

Patent number: RU2133179
Publication date: 1999-07-20
Inventor: ARKHIPOV P P; KEREMZHANOV A F
Applicant: ARKHIPOV PAVEL PAVLOVICH; KEREMZHANOV AKIMZHAN FAZYLZHAN
Classification:
- International: B23K11/24; B23K11/24; (IPC1-7): B23K11/24
- European:
Application number: RU19980107690 19980424
Priority number(s): RU19980107690 19980424

[Report a data error here](#)

Abstract of RU2133179

FIELD: mechanical engineering; spot and projection resistance welding of metals and alloys.
SUBSTANCE: Infrared radiation of heat traces of welded joint from near-electrode area of welded part surface is optically formed. Electrical conversion of radiation is provided by thermosensor with spot sensing surface. Thermal action of infrared radiation onto objects under investigation is formed. Condition of equipment is judged by signals from thermosensor and characteristics of weld are determined. EFFECT: enhanced efficiency of diagnostic procedure. 3 cl, 8 dwg, 1 tbl

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 133 179⁽¹³⁾ C1

(51) МПК⁶ B 23 K 11/24

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98107690/02, 24.04.1998

(46) Дата публикации: 20.07.1999

(56) Ссылки: SU 1748976, 23.07.92. RU 2050237,
20.12.95. WO 88/00105, 14.01.88. EP 0252624,
18.01.88.

(96) Адрес для переписки:
109172, Москва, Гончарная наб.3, Архипов П.П.

(71) Заявитель:

Архипов Павел Павлович,
Керемжанов Ахимкан Фазылканович

(72) Изобретатель: Архипов П.П.,
Керемжанов А.Ф.

(73) Патентообладатель:

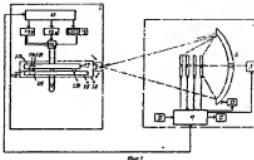
Архипов Павел Павлович,
Керемжанов Ахимкан Фазылканович

(54) СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сварочной технике для точечной, рельефной контактной сварки металлов и сплавов. В основу изобретения поставлена задача повышения эффективности диагностики контактной сварки. Существо изобретения заключается в том, что оптически формируют инфракрасное излучение тепловых следов сварного соединения из скопозелектродной области поверхности свариваемой детали. Создают электрическое преобразование излучения термодатчиком с точечной поверхностью восприятия. Формируют термовоздействия инфракрасным излучением на объекты диагностирования. По

сигналам с термодатчика производят оценку состояния оборудования и определяют характеристики сварного шва. 2 эл. ф-лы, 8 ил., 1 табл.



RU 2 133 179 C1

R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1



(19) RU (11) 2 133 179 (13) C1
(51) Int. Cl. 6 B 23 K 11/24

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application. 98107690/02, 24.04.1998

(46) Date of publication. 20.07.1999

(48) Mail address:
109172, Moskva, Goncharnaja nab.3, Arkhipovu
P.P.

(71) Applicant:
Arkhipov Pavel Pavlovich,
Keremzhanov Akimhan Fazylzhanovich

(72) Inventor: Arkhipov P.P.,
Keremzhanov A.F.

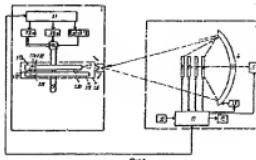
(73) Proprietor:
Arkhipov Pavel Pavlovich,
Keremzhanov Akimhan Fazylzhanovich

(54) RESISTANCE WELDING DIAGNOSTIC METHOD

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering; spot and projection resistance welding of metals and alloys. SUBSTANCE: infrared radiation of heat traces of welded joint from near-electrode area of welded part surface is optically formed. Electrical conversion of radiation is provided by thermosensor with spot sensing surface. Thermal action of infrared radiation onto objects under investigation is formed. Condition of equipment is judged by signals from thermosensor and characteristics of weld are determined. EFFECT: enhanced efficiency of

diagnostic procedure. 3 cl, 8 dwg, 1 tbl



R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1

R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1

Изобретение относится к области сварочной техники для точечной, рельефной контактной сварки металлов и сплавов.

Среди известных способов диагностики в процессе контактной сварки использование бесконтактного контроля инфракрасного излучения (ИИ) является направлением наиболее информативным по универсальности для различных режимов, видов и толщин материалов, технологий и оборудования. Общие недостатки этого направления: сложность учета неизвестной изменяющейся излучательной способности сварки; специализированные решения частных задач или термоизделия без применения эффективного информационного скания.

Так, например, в патенте Германии N 4528363, В 23 K1/24, 1995 г. при определении отрезка времени контроля термограммы с термоизделиями и минимальной обработкой только частично обеспечивается качество сварки.

Наиболее близкий аналог по а.с. SU N 1748976, кл. В 23 K 11/10, 1992 г. включает оптическое формирование с околосвиртодной поверхности детали ИИ теплового следа сварного соединения, преобразование излучения в электрические сигналы, сравнение их с заданными пороговыми уровнями, обеспечение сложения за параметрами режима сварки по величине порогового рассогласования. Однако, здесь также решается только частная задача обеспечения качества сварки.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа диагностики контактной сварки, в котором, благодаря изменению приемов, операций, условий контроля, анализа характеристик формообразования и дефектов обеспечивается получение следующего технического результата.

Для различных условий применения при высоких требованиях к чувствительности и надежности реализуют более полный набор функций контроля и диагностики процесса сварки. Обеспечиваются расширенные возможности автоматических: настройки и самодиагностики; компенсационного амплитудного сложения с управлением рефлексорной оптической и электронной составляющими чувствительности; спектрального фильтрационного контроля структуры поверхности деталей; пространственно-амплитудных, градиентно-экстремальных геометрических оценок отклонений формы, установки электродов и деталей, подходов к прихватке, краю собранной к сварке конструкции; обнаружение износа электродов и контролируемых областей оборудования; прогноза и диагностирования недопустимых дефектов выплеска, перегрева, непрозвара, а также состояний нормы, твердой фазы; коррекционного термограммного контроля твердости. При этом представляют пространственно-амплитудные, пространственно-геометрические (центральные области, площади, объемы, расстояния; связность; разветвленность; изменения углов, траекторий и конфигураций; ориентации; конфигурации) и статистические (математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение или центр,

площадь, средний радиус овокупности условно-точечных объектов) информативные данные обнаружения тепловых следов и распознавания по ним характеристик тепловых образований формообразования процесса сварки и обеспечивающего сварочного оборудования.

Поставленная задача решается тем, что в способе диагностики контактной сварки, включающем оптическое формирование инфракрасного излучения тепловых следов сварного соединения из околосвиртодной области поверхности детали, преобразование излучения в электрические сигналы, сравнение их с заданными пороговыми уровнями, обеспечение заданного сложения за пороговым рассогласованием, согласно изобретению формируют термовоздействия инфракрасным излучением на объекты диагностирования, частотно фильтруют инфракрасное излучение и по нему определяют состояние поверхности, затирание деталей и электродов, электрические преобразования осуществляют термодатчиком с точечной поверхностью восприятия тепловых сигналов, с формированием из них электрического сигнала U_i , где i - номер точечного элемента, учитывают влияние колебаний напряжения электрической питющей сети, технологических изменений толщины свариваемых деталей и их количества на диагностируемые градиентно-экстремальные сигналы, временные, пространственные изменения амплитуд исходных сигналов накапливают и плоскостью размывают, преобразуют их в градиентно-экстремальные сигналы путем моделирования дифференциального уравнения

теплопроводности, по суммарному электрическому сигналу U с термочувствительными элементами датчика при включении тока определяют наличие сварочного процесса на выбранном участке нарастания тока, определяют возможность выплеска, перегрева, нормы, непрозвара, наличие твердой фазы, пороговыми снимками уровня определяют шунтирование обмотки касания детально токоведущей частей оборудования, вынесение значительных магнитных масс с сварочный контур, пороговыми приемщиками уровня от реперной области сварочного оборудования определяют его перегрев, определяют износ электродов при приближении к границам диагностируемых состояний выплеска, перегрева для легких металлов и сплавов, поликристаллических покрытий, непрозвара для сталь и их сплавов, титана и его сплавов, интегрированием U по заданному времени ссыивания деталей под электродами определяют уровень достигнутых размеров сварного соединения, по динамике движений градиентно-экстремального сигнала

U , реперной области не датчике электрода оценивают состояние системы скатия электродов, временные стадии сварки, глубину вдавливания электрода в деталь, по плоскостному распределению градиентно-экстремальных сигналов

U ; определяют подходы к прихватке, к краю свариваемых деталей, по геометрически определяют форму и перекос электродов, перекос деталей относительно электродов, локализуют области перегрева, по которым

определяют износ оборудования, в том числе ликбеза сварочного тока, ослабление крепления токоподводящих элементов, при локальном уменьшении уровня U_1 : напрява определят острые кромки поверхностных дефектов, в том числе ложка на детали от выдавливания электрода, при локальном перегреве в процессе охлаждения сварочного соединения обнаруживают поверхностные и подповерхностные дефекты, несплошности деталей и сварного соединения, при совпадении термоградиентных кривых остильяния одного из эталонных и контролируемого участков определяют твердость участка детали или сварного соединения, кантуют и бинарию преобразуют градиентно-экстремальные сигналы диагностируемых объектов с получением сигналов позитивного $U_{1(0)}$ и негативного $U_{1(0)}$ контрастов, по распределению позитивного контраста $U_{1(0)}$ определяют геометрические центры, траектории скелетов, местоположение, разметительность, углы протяженных траекторий, изменения направления траекторий в сравнении с эталонным, площадь, объем, протяженность, конфигурацию, ориентацию, скорость, направление движения, статистические оценки распределения объектов, по распределению негативного контраста $U_{1(0)}$ определяют замкнутость траекторий, конфигураций объектов, расположение между ними. Кроме того, инфракрасное излучение тепловых следов сварного соединения, по крайней мере при технологической подготовке производства, оптически формируют из междуэлектродной области, а по изменению типа контраста в процессах нагрева и охлаждения или охлаждения с переходом от негативного $U_{1(0)}$ к позитивному $U_{1(0)}$ контрасту распределения градиентно-экстремальных сигналов определяют наличие или отсутствие внутренних дефектов несплошности.

Изобретение поясняется чертежами и таблицей.

На фиг. 1 представлена блок-схема термосенсорного устройства диагностики контактной сварки (КС), поясняющая одну из возможных реализаций способа в контуре проведения технологического процесса.

В таблице 1 показаны объекты, области визирования ИИ и диагностических характеристик термосенсорного диагностирования (ТСД).

На фиг. 2 - пример расположения зон и областей визирования КС.

На фиг. 3 иллюстрируется пример блок-схемы процесса КС.

На фиг. 4 - структура этапов ТСД КС.

На фиг. 5 - информационная структура ТСД КС.

На фиг. 6 - блок-схема основных взаимосвязей операционных преобразований ТСД КС.

На фиг. 7 - алгоритм А1 термосенсорных диагностических оценок амплитудных изменений.

На фиг. 8 - алгоритм А2 ТСД тепловых следов КС.

Предусматривается учет дистанционной передачи ИИ посредством световодов, в частности зеркальных отражателей или световолоконных эндоскопов. Но это для

упрощения на фиг. 1 не показано.

В контуре на фиг. 1 блок 1 технологического процесса включает систему управления сваркой 1.1, в качестве которой могут использоваться такие объекты, как различные автоматизированные системы, наладчики при их настройке или рабочий-сварщик. Кроме того, в состав блока 1 входит: системы скатия электродов 1.2, охлаждения 1.3, и формирования тока 1.4 (включающая кабель 1.4.1 вторичного контура), держатель подвижного электрода 1.5, подвижный 1.5.1, и неподвижный 1.5.2 электроды; детали 1.7, подлежащие сварке; собранная под сварку конструкция 1.8; свариваемая конструкция 1.9, с прихваткой 1.10, сварным соединением 1.11, включающим поясок твердой фазы 1.12, с внешними 1.13 и внутренними 1.14 дефектами, а также ядром 1.15.

Объекты 1.1-1.5, 1.8, 1.9 в процессе КС или внешнего дополнительного нагрева 20 (активное визирование) обладают тепловыми следами 2 тепловых образов процессов функционирования оборудования и формообразования, диагностирование состояний которых является целью ТСД.

Термосенсорное диагностическое устройство 3 включает рефлекторный оптический блок 4, вспомогательный излучатель 5, пространственно-временной фильтр 6, спектральный фильтр 7, термодатчик излучения 8, с точечными термочувствительными элементами i, основной излучатель 9, датчик температуры среди 10 (составляющие оптико-электронный канал, измеряющий на зонах тепловых следов 2 непосредственно или через световод, причем таких каналов в устройстве 3 может быть несколько), а также операционный блок 11, регистратор 12. Кроме того, в устройство 3 может входить привод 13.

Для надежной защиты от искр, выскоков при настройке и выборе режимов перед оптико-электронным(i) каналом(i) может быть установлены пропускающий(i) ИИ, например, светочный(i) экраны(i) из высокотеплопроядного металла (на фиг. 1 для упрощения не показано).

Рефлекторный оптический блок 4 представляет собой зеркальный объектив с основной площадью восприятия теплового следа 2 с областью, открытой для пропуска вспомогательного излучения излучателя 5. Оптическая ось этого обзора совместима с оптическими аналогичных

50 пропускающей оболочки фильтров 6 и 7 и воспринимающей области термодатчика 8. Геометрия плоскостей измерения из подобна геометрии блока 4. Основная функция блока 4 состоит в формировании на фильтрах 6, 7 и термодатчика 8 излучения от теплового следа 2 или излучения от основного излучателя 9 одновременно с пропусканием вспомогательного ИИ от излучателя 5. В состав блока 4 может входить привод 13, электрически управляемый блоком 11 для фокусировки и ориентации.

Вспомогательный излучатель ИИ 5 электрически подключен к блоку 11 и оптически ориентирован на вспомогательную область термодатчика 8 через соответствующие области блока 4 и фильтров 6, 7. Излучатель 5 для различных задач в разное время по программе блока 11:

R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1

обеспечивает функции начальной и текущей калибровки, тестиирования и гетеродинирования.

Пространственно-временной фильтр 6 электрически управляемым входом соединен с блоком 11 и оптически соосно расположен между излучателем 5, блоком 4 и фильтром 7. Он реализуется многослойной, в частности, ходжикристаллической структурой с оптической прозрачностью в зависимости от величины и геометрии подачи на электроды соответствующих элементов потенциалов с блока 11. В набор управляющих функций фильтра 6 входит: обтюрация, разфокусировка с использованием корреляционной оптической фильтрации; электронное вращение полосового фильтра относительно оптического центра изображения входного излучения с шириной полос пропускания и перекрытия, информативный для определения условно статистических (на время операционного преобразования) или движущихся объектов контроля; формирование вращающегося относительно совмещенных центров изображения конфигурации одного из этапных объектов по отношению к расположенному.

Спектральный фильтр 7 электрически соединен с выходом блока 11 и оптически соосно расположен между фильтром 6 и термодатчиком 8. Функции фильтра 7 являются спектральная фильтрация входного излучения с возможным управлением от блока 11.

Термодатчик излучения 8 электрически соединен с блоком 11 с возможностью управления чувствительностью, контрастом и оптически расположены между фильтром 7 и излучателем 9 на пути проходящих через фильтр 7 основного визиримого от блока 4 и вспомогательного от блока 5 ИИ. Назначение датчика 8 - пространственно-временное преобразование в электрические сигналы основного и вспомогательного ИИ.

В зависимости от конкретных задач сварки и исполнения оптико-электронных каналов термодатчик 8 может быть выполнен в следующих видах.

Как отдельные термоприемники, в том числе пироэлектрические, обычные или позиционно-чувствительные модули ИИ, ориентированные по объектам визирования (см. табл. 1 и фиг. 2); окрестности свариваемого соединения - зона 31, окрестности подхода к прихватам, краю 32 (переди по ходу движения сварочного инструмента), окрестности оставшающего сварного соединения - 33; отлика от дополнительного термовоздействия 34, области зон напротив подвижного электрода 035, напротив неподвижного - 036, междуэлектродной - 037, реллерных на контролируемых поверхностях оборудования 038 (на подвижном дреликате 1.5 зоны зона 1.5.1), 039 (на примере кабеля 1.4.1, вторичного контура). Принцип оптико-электронные каналы скополектрального визиримания ортогонально направлены на области 035,036 а используемый преимущественно при технологической подготовке производства канал междуэлектродного визиримания ориентирован на область 037 зон 31-34. Отдельные каналы визируются областями

038,039 на контролируемые поверхности 1.1-1.5 и могут быть упрощенными (например, содержит только термодатчик 8, с пироприемником для 038 или с пироэлектрической линейной для 039 при контроле 4.1). При узкой специализации в термодатчике 8 используется двухплощадочный пироэлектрический модуль с ориентацией вторых площадок на визируемый излучатель 5, с условным центром расположенным по оси траектории шва в свободной области (не обязательно в центре) визирования.

Как - многослойные структуры полупроводниковых чувствительных элементов обнаружения и распознавания объектов ИИ с электронным сканированием перечисленных областей и зон визирования.

Как - комбинация позиционно-чувствительных модулей обнаружения и многослойные структуры распознавания объектов ИИ.

Как - совмещенные фиксированных по визированию модулей и структур с дополнительным исполнением многослойных структур поискового визиримания (блок 4 с приводом 13) дефектов в зонах 33, 34. В ряде случаев для поискового визиримания целесообразна структура термодатчика 8, подобная зрительной, с более частым расположением элементов к условному кольцевому центру, внутри пропускающему ИИ излучателя 5.

Возможно объединение фильтров 6 и 7 и термодатчика 8 в единую полупроводниковую структуру, что при сложной технологической проработке на начальном этапе, имеет преимущество в обеспечении надежности, веса, габаритах, технологичности и в снижении цен при серийном изготовлении.

Инфракрасный излучатель 9 ИИ электрически соединен с блоком 11 и оптически ориентирован, как показано на фиг. 1, на блок 4. Функции излучателя 9 в разное время составляют: начальную и текущую калибровку, тестиирование, гетеродинирование, активное визиримание направления на объект, обеспечение спектральных оценок и основной импульсной или непрерывной визиримости ИИ при сканировании контролируемого объекта.

Датчик температуры среды 10 подключен выходом к операционному блоку 11 и реализуется, например, на базе контактного полупроводникового термоприемника, формирующего абсолютные значения температуры.

Операционный блок 11 представляет собой компьютер с интерфейсными узлами сопряжения с аналоговыми входами и выходами.

В конкретных специализированных применениях возможна микропроцессорная или аналоговая реализация блока 11.

Обеспечивающие программно и связями с блоком 1, с излучателями 5, 9, с фильтрами 6, 7, с термодатчиками 8, 10 с регистратором 12. Функции блока 11 состоят в преобразованиях: исходной настройки с учетом визиримания и фокусировки на информативные области и зоны, амплитудного склонения по калибровке чувствительности, по оценке излучательной способности объектов, корреляционно-термограммной оценки твердости, обработки сигналов КС,

распознавания информативных условно точечных и протяженных объектов по их оценкам преимущественно на основе далее рассматриваемых базовых моделей.

При формировании оценок, при обнаружении исходные диагностируемо объекты могут быть представлены как точечные, одно-, двух- и трехмерные, сводящиеся к двухмерным сечениям; на время преобразования условно статические и движущиеся; различных характеристик площин и геометрии; преимущественно инвариантны к масштабу и положению в поле изображения, контрастного позитивного или негативного фона.

Для них базовая модель имеет вид

$$z \left(\frac{\partial z I}{\partial x} + \frac{\partial z H}{\partial y} \right) + k E - I = a \frac{\partial H}{\partial t} \quad (1)$$

при условии статической на время быстродействующей реализации (1) области задания с коэффициентом преобразования К сигналов исходного изображения $E(x,y)$ в сигналы преобразованного изображения $I(x,y)$ с координатами x, y .

Коэффициентами a, b, k , в соответствии моделируя накопление, размытие сигналов. Таким образом с учетом коэффициентов a, b, k могут складываться малоразмерные, импульсные помехи на исходном $E(x,y)$ во времени t .

Базовая динамическая модель имеет вид

$$z \left(\frac{\partial z H}{\partial x} + \frac{\partial z E}{\partial y} \right) + k E - I_{av} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial y} = a \frac{\partial H}{\partial t} \quad (2)$$

с движущейся областью задания и проекциями векторов скоростей V_x на горизонтальную ось X и V_y на вертикальную ось Y .

Однозначность базовых моделей (1) и (2) определяется начальными условиями $I = E(x,y)$ и граничными условиями:

$$\frac{\partial H(x, y)}{\partial n} = 0$$

Исходные $E(X,Y)$, представляющие объемные сигналы тепловых изменений, с выходов пирометрических термодатчиков 8 преобразуются в градиенты $I(X,Y)$ с информативным дублированием представлением амплитуды и площади распространения исходного воздействия.

Рассмотренные мощные фильтрационные преобразования (1), (2) позволяют существенно отсторониться от изменений излучающей способности, теплофизическими характеристиками материалов теплопадающих, значительно искажающих результаты термоконтроля ИИ.

Представленные в различных формах уравнения теплопроводности модели (1) и (2) линейны при непрерывной, изотропной области задания и независимостью физических свойств модельной среды от коэффициентов a и b в границах X_0, X_f , Y_0, Y_f , кадра изображения. Тем самым они корректны и имеют доказательства существования, единственности, устойчивости решения.

Такое решение с высоким быстродействием и несложной программно-технической реализацией может быть получено с помощью интеграла свертки. Т.е. с использованием известных методов и

средств оптической и электронной расфокусировки. Возможна также реализация методами цифрового, аналогового, квазинализогового (эквивалентного по результатам) моделирования с помощью конечно-разностной аппроксимации, с использованием фундаментального решения Кельвина и др.

Для сложных зашумленных информационных массивов универсальная программная компьютерная или специализированная программа микропроцессорная реализация в блоке 11 базовых моделей (1) или (2) позволяет с повышенной точностью и эффективностью формировать закономерности накопления и размытия накопленных сигналов.

Реализация базовых преобразований (1) и (2) различными способами увеличивает гибкость обеспечения универсальных возможностей устройства. Так, оптическая расфокусировка может реализоваться блоками 4, 11 посредством привода 13. Однако она связана с введением только Гауссова расфокусирующего преобразования и энергомежими операциями. Эквивалентное расфокусирование исходного изображения можно получить периодической подачей на условно центральные чувствительные элементы двухплощадочных (многоплощадочных) пиролетрических элементов термодатчика 8 вспомогательного термодиодного излучения, с излучателем 5. Оптическая корреляция, использующая расфокусирующие маски в фильтре 6, управляемым блоком 11, может быть более универсальной и быстродействующей, но связана с относительной сложностью фильтров.

Регистратор 12 электрически подключен к выходу операционного блока 11 и определяется, в частности, средствами компьютерной реализации отображения от блока 11 характеристики объекта сигналов управления. Регистратор 12 призван обеспечить настройку, регулировку, наладку результатов выполненных основных функций устройства.

В отдельных случаях конкретные применения устройства 3 может быть упрощено за счет использования световодов (существенное уменьшение количества каналов устройства 3), соответствующих конструкций термодатчика 8, блока 4 и привода 13 (блоки до отсутствия, т. к. электронное сканирование при достаточной эффективности блока 4 и датчика 8 может иметь преимущества в обеспечении надежности); отсутствия фильтра 6 с перенесением его функций на программную обработку в блок 11.

Вместе с тем, в наиболее полных объемах аппаратурно-программное использование блоков 4, 11, излучателя 5,9, фильтров 6,7, термодатчиков 8,10, регистратора 12 и привода 13, как для начальных преобразований и базового моделирования, так и для обеспечивающих операционных преобразований существенно увеличит возможности устройства и упростит программную обработку.

Рассмотрим представленные в табл. 1 и на фиг. 2-5, определяющие способ диагностики КС, диагностируемые объекты, функции, признаки и зоны контроля

В наиболее полном объеме визирование согласно примеру на фиг. 2,3 может осуществляться на стадии настройки, отработки технологии. При этом на образцах при отработке режимов в различных ракурсах могут использоваться все зоны 31-34 и области зон 035-039. Некоторое преимущество для отдельных задач имеется в использовании 036 у неподвижного электрода 1,6 за счет минимального влияния засветок от посторонних источников и уменьшения влияния динамики движения электрода. Преимущество 35 заключается в возможности непосредственного наблюдения по крайней мере на образцах при технологической подготовке в зонах 31-34 поиска твердой фазы 1.12 вокруг литього ядра.

В передней по траектории свариваемого точечного шва области теплового следа 2 можно наблюдать подходы к прихватке, к различным видам краев. Для наблюдения и геометрической оценки в зонах 31-35 может использоваться как пассивный прием излучения, так и активная подсветка (с помощью излучателя 9) и прием в различных частях фильтров 6,7 и чувствительных элементов 1 термодатчика 8.

Может быть использована автоматическая регулировка оптико-электронного канала и режима активного визирования с помощью управляемым приводом 13 блока 4. Это целесообразно в ряде случаев при уточняющем сканировании места предварительно обнаруженного градиента дефекта несплошности.

Область 038 с маркерным чернением (1, нанесенным, например, краской) на датчике 1,5 используется для визирования движущегося электрода 1,5.

Область 039 визирования, например, кабеля 1,4.1 вторичного контура, обеспечивает контроль возможности обрыва жил этого кабеля по предвидимому перегреву ИИ в соответствующем месте. Кроме того, визирование 039 оптико-электронным каналом в перегрев "исправной" реперной точке обеспечит дополнительный контроль величины тока вторичного контура. Подобным образом может быть продиктована система 1,3 водяного охлаждения электродов и частично система 1,2 скатия электродов.

По результатам эффективной лабораторной технологической подготовки, если в конкретной технологии междуэлектродный контроллер недоступен, как правило, вполне достаточно использовать визирование только из области 035 или (и) 036. Хотя в отдельной (х) точке (х) желательно, если возможно, в производственный цикл сварной конструкции вводить периодический проверочный контроль междуэлектродной областью 037.

С учетом выполняемых функций и преобразований визируемые сигналы сканируются по термочувствительным элементам 1 или суммируются по ним с визиранием: области 035, 036, 036 представленные плоскостью координат х, у; области 037 с плоскостью х, z; области 038 с плоскостью х, z, или у, z; области 039 плоскостей разных сочетаний координат х, z.

Площадь визиримой области, расстояние до нее и угол визирования (с учетом закона Ламберта) выбираются из условий

достаточной чувствительности и помехозащищенности (в первую очередь от перегрева брызг расплавленного металла и других видов для оптоэлектроники термохимических воздействий) по конкретным технологиям, динамике движения или временному режиму сварки.

При автоматической регулировке оптикоэлектронных каналов устройства, имеющей преимущества при поиске дефектов несплошности на протяженных участках контроля, используют фокусирующую обстановку от преобразователя (1) для определения фокусного расстояния до объекта. В этом случае целесообразна еще и автоматическая поисковая оптическая ориентация на обнаруженный объект по его центру.

Рассмотренные согласно табл. 1 и фиг. 2 зоны областей и способы визирования соответствуют в различных сочетаниях функциям Ф1-Ф5 диагностирования в широком смысле и Ф3 - в узком по объектам 01-08.

В соответствии с ориентированной на ТСД классификацией дефектов (07) и конкретизацией табл. 1 по отдельным технологиям для контактной точечной сварки можно добавить следующее.

Принципиальная внешность и внутренние раковин, пор, трещин является снижение давления Р_к и времен соответственно сварки T_с и ковки T_к, увеличения западывания ковочного усилия, некачественной сборки и очистки. Причем, отклонение режима проковки в алюминиевых сплавах определяет наличие наружных трещин. Горячие трещины возникают в сплавах с широким диапазоном температур кристаллизации, внутренние трещины в закаливаемых сталях определяются быстрым охлаждением и уменьшением давления, трещины в упородистых сталях связаны с выплесками. Хрупкие трещины определяются максимальным охлаждением от длительного пребывания под электродом после отключения тока. Кроме того? информативными признаками трещин являются их форма (наличие острых краев), размеры, опасная ориентация, разветвленность, расстояние между ними. Особо информативные признаки сколений, пор, раковин-дисперсия, среднеквадратическое отклонение или площадь и средний радиус совокупности дефектов на плоскости.

Представленный на фиг. 3 пример блок-схемы технологического процесса КС включает установку электродов 14, крепление деталей 15, формирование прихваток 16 и свариваемого шва 17 (определенные системой управления 1,1, связанной с блоком 11). Он позволяет выделить совокупность функциональных элементов и блоков ТСД. Ими являются: контроль формы и параллельности установки (отсутствие перекосов) электродов 18, оценка геометрии (отсутствие перекосов) деталь-электрод 19; оценки состояния поверхности, загрязнения 20; подхода к прихватке, к краю 21; диагностика износа электродов 22; диагностика состояния оборудования 23; определение структуры сварного соединения 24; оценка плоскостных изменений термоотклика 25; оценка твердости 26;

распознавание дефектов 27; диагностирование сварного цикла 28 [соответствующими состояниями DC1 - выплеск, DC2 - перегрев, DC3 - норма, DC4 - неправиль, DC5 - твердая фаза]; прогноз состояний 29; контроль состояний 30; контроль управления проковкой 31; оценка уровня 32 сварного соединения 1.1. При этом, блоки 18-23, 26, 27, 29-32 кроме обеспечения управления дают информацию к обработке, определяют статистическое управление качеством технологического процесса.

Выявленные согласно фиг. 3 функциональные блоки и диагностируемые состояния технологического процесса позволяют определять взаимосвязи этапов ТСД (фиг. 4). Определяющими ТСД результатами разработанной технологии (блок 33) являются: значимость тока сварки I_s , а также тока подогрева I_h , дополнительного оптимизирующего тока хромиев I_c , давления сварки P_c и корня P_k , в соответствии с критериями временем $T(L)$, $T(I_h)$, $T(I_k)$, $T(P_c)$ (определенными длительностями $T(I)$ и $T(P)$), скоростью охлаждения α , а также оптимальная форма электрода.

Полученные результаты подвергаются в блоке 34 производственным изменениям и усвоению разделенным по скорости изменения.

Наиболее быстрые изменения латающей сети согласно блока 35, приводят к следующим диагностируемым состояниям: при предельном уменьшении тока, (связанный, например, с одновременным включением большого количества сварочных агрегатов) - непрорыв (DC4), при предельных уменьшениях давления P_c - выплеск (DC1), при предельном уменьшении давления P_k - дефекты 1.13, 1.14. Предельное увеличение давления P_c может привести к непрорыву (DC4).

Более медленные производственные изменения определяют предельные изменения геометрии деталь-электрод (блок 19), изменения состояния поверхности (блок 20), структурно-геометрические изменения подхода к приварке, к краю (блок 21), предельные изменения твердости (блок 26), и обнаружения дефектов (блок 27).

Существенно более медленными являются производственные изменения износа электродов (блок 22) и оборудования (блок 23).

Термосенсорный узел производственных изменений при технологической подготовке лишь частично может обеспечить оптимизацию технологии (обратная связь блоков 33 и 34). Разработанная технология согласно блоку 33 определяет управление сварочным процессом через систему управления 1.1. Диагностирование реальных производственных изменений (в блоке 34), совместно с термосенсорно диагностируемыми состояниями сварочного цикла в блоке 28 обеспечивает корректировку управления в системе 1.1, что позволит в итоге существенно улучшить качество сварного соединения 1.11, рационально увеличива твердую фазу 1.12 или литье ядро 1.15, уменьшив внешние 1.13 и внутренние 1.14 дефекты.

Реализация рассмотренных функций ТСД

согласно информационной структуре (фиг. 5) состоит в следующем.

На входе термосенсорного устройства 3 подлежат вкрапливанию области 035-039 оборудования 1.1-1.4, электродов 1.5-1.6, деталей 1.7 собранной конструкции 1.8 и свариваемой конструкции 1.9 (фиг. 2).

В результате термосенсорного диагностирования должны формироваться информативные данные о плоскостных состояниях (блок 36), деталей 1.7 (составление поверхности 20, предельные отклонения твердости 26, наличие дефектов 27); геометрии, установки и формы электродов (блок 18); износа электродов (блок 22), сборочной конструкции 1.8 (геометрия детали-электрод 19, подход к приварке, к краю 21); оборудования 23 (1.2-1.4). А также о временных состояниях (блок 39), корреляционной оценки твердости 26 по охлаждению; сварного соединения 1.11 (характеристики 1.12-1.15) и всей свариваемой конструкции 1.9; износа оборудования (1.2-1.4) и электродов 1.5, 1.6; по циклам работы персонала, выполнения программы и др.

Данные о плоскостных и временных состояниях на этапе разработки технологии (блок 33) определяют обработку: статистическую (блок 40); оперативную (адаптивную для автоматизированных процессов управления в системе 1.1); само производство 41 сварной конструкции 1.9.

Получение информации о плоскостных и временных состояниях определяется взаимосвязью операционных преобразований ТСД, показанных на фиг. 6.

Вспомогательный блок 42 спектрально-амплитудных преобразований характеризует посредством спектрального оператора $\lambda_1(\Gamma)$ градиентного сигнала $U_1(\Gamma)$: состояние, загрязнение поверхности деталей, определяющие излучающую способность и причины дефектов для возможного их устранения (02-08, 04, 05, табл. 1). Уровень излучающей способности λ уточняют амплитудную и амплитудно-временную информацию блоков 43,44.

Функции базового блока 43 являются амплитудными термооценки: оборудования (составление медленного износа оборудования посредством реализации по (1) из Е(х, у) оценки приращений операторов выделения градиента Г или (и) площади S визуируемой области 039), режимов (существенно отличающихся от "изношенных" изменений Г, S из реперных точек "немозионных", т.е. нормально функционирующих, зон 039); попытка дефектов выявления зон 31, 33, 34, областей 035-037 для изменений проявляющихся в темпе проведения процесса сварки конструкции (внешние дефекты появления погас вокруг электрода и его острой кромки, характеризуемой уменьшением на ней реализуемого по (1) из Е(х, у) оператора выделения градиентов термооценки из зон 1, 3, 4, 035,036).

Примеч. амплитудно-градиентные дублируемые оценкой площади по (1) и (2) термооценкой внешних и внутренних дефектов являются базовыми для последующих преобразований в блоке 45. Амплитудно-временные термооценки в блоке 44 могут разделяться отдельно по

R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1

времени нагрева и охлаждения.

Термооценки в процессе нагрева быстрые изменения режимов при колебаниях энергии питания по $\Gamma(t)$ и $S(t)$, "изпрашенных" зон 039 нормально работающего оборудования; момент аномального шунтирования (при допустимых изменениях напряжения сети) по $\Gamma(t)$ со случайным касанием токоведущих частей оборудования, внесением значительных магнитных масс и т.д., состояниям ДС1-ДС5 сварочного цикла по $\Phi_1(t)$, $\Phi_2(-\Gamma(t))$, $+S(t)$, визуируемые из зоны 31 областей 035-037. Состояние износа электрода по $+T(t)$ из зон визирования 31 035, 036. Причем, если колебания напряжения питающей сети просто измерить электрически, то колебания в системах 1.2 и 1.3 определяются последствиями пироэлектрических преобразований.

Термооценки в процессе охлаждения: состояниям ДС3-ДС5, соответственно ФЗ по интегральной оценке градиента Γ охлаждаемойся термоизоги сварочного соединения, визуируемой из зоны 1, областей 035-037; контроля управления проковкой по определенным из условий максимальной циклической прочности нормативно для соответствующих материалов или экспериментально установленному включению $-T_1(t)$ и выключения $-T_2(t)$ проковки, визуированием из зоны 1 035-037; корреляционного определения твердости по максимальному совпадению кривых охлаждения контролируемой $\Gamma(t)$ и эталонной $\Gamma_a(t)$ твердостей, визуемых из реперных точек или сходящихся к ним интегральных оценок из зон 31-34 областей 035-037.

Блок 45 преобразует исходные амплитудные сигналы, к нормированному уровню $E(x,y)$, достаточному для последующих преобразований на базе (1), (2), $U(1,0)$, $U(0,1)$, которые пространственно используются в блоках 46-50.

Блок 46 представляет собой из изменению симметрии термоистока на детали вокруг электрода (оператор связности C) или пороговому отклонению $+\Gamma_s$ из зон 31 035, 036 геометрические оценки: формы электрода (начальной и в процессе износа); переноса установки электродов; перехода деталь-электрод. Кроме того, в блоке 46 определяются подходы к прихватке, к краю. Используются операторы G , S , C , K , U , I . При этом оператор C посредством блока 47 определяет нормирование для преобразований в блоках 46, 48-50 исходных объектов по площади.

Блок 48 на основе нормирования от блоков 45 и 47 амплитуды и площади (в ряде случаев нормирование по площади неизбежно) представляет оценки: определяемые оператором расстояния R между траекториями Γ трещин, скелетов, скоплений дефектов или между точечными реализациями случайного процесса, распознаваемыми на принадлежность к определенному классу состояний ДС1-ДС5; определяемые оператором O оценки подхода к краю, распознавания опасного направления траекторий трещин, скоплений дефектов.

Блок 49 на основе нормирования от блоков 45 и 47 амплитуды и площади (в ряде случаев нормирование по площади неизбежно) представляет в виде операторов скорости V и направления

движения H ; скатие электрода определяемое по реперной точке 038 для оценки состояния системы 1.2 и временных стадий сварки; оценки глубины эвализации электрода в деталь, реализации случайного процесса для распознавания состояний ДС1-ДС5.

Блок 50 на основе нормирования от блоков 45 и 47 амплитуды, площади представляет в виде операторов M , D , б вероятностные оценки: скоплений, пор, раковин; реализаций случайного процесса формирования преимущественно распознаваемых состояний ДС1-ДС5.

Представленный фиг. 7 алгоритм А1 термоносорных диагностических оценок амплитудных изменений содержит амплитудно-пространственные оценки 45-50 рассмотренные на фиг. 6 операционных преобразований.

Сущность показанных в блоках 46-50 на фиг. 6.7 операторов, реализующих преобразование (1), (2) из нормированного $E(x,y)$ полученного от исходных операторов G состоит в следующем.

Согласно блоку 52 оператор площади S , частично дублирующий на плоскости амплитудные сигналы Γ , позитивного контраста $U(1,0)$, фиксирует в заданный момент времени амплитуду центральной области объекта, пропорциональную площади растяжения входного $E(x,y)$.

Блок 53 Оператор связности C (блок 53) характеризуется пороговым пропусканием от замкнутого внутреннего выреза сигналов меньших фоне после преобразования (1) исходного негативного контраста $U(0,1)$ от объекта $E(x,y)$, где фон представляется высоким уровнем 1, а объект - нулем 0. Наличие такого сигнала определяет замыкание, количество таких сигналов для объекта определяет связность, а амплитуда внутри его выреза - площадь.

При позитивном контрасте $U(1,0)$ предварительно нормированный по амплитуде оператор конфигурации К (блок 54) реализуется сопоставлением, представляемой $E(x,y)$, контролируемой, и находящейся на нее соосно вращением относительно ее центра, эталонной конфигурации K_e с фиксированием их сопадения при наименьшем расхождении.

Оператор предварительно нормированной по амплитуде центральной области C (блок 55) позитивного контраста $U(1,0)$ реализуется пороговой селекцией вершины рельефа растяжения по преобразованию (1). В сплошных объектах он в итоге представляет компактную центральную область, а для проложенных участков (трещин, раковин, скоплений пор и т.д.) скелетные траектории.

Оператор узлов (разветвлений) U (блок 56) перед преобразованием (1) нормируемого по амплитуде и площади изображения $E(x,y)$ исходной траектории позитивного контраста $U(1,0)$ определяется пороговой фиксацией увеличения амплитуд в месте энергетического скопления в узлах.

Для определения оператора изменения направления траектории И (блок 57) нормированного перед преобразованием (1) по

амплитуда и площади изображения $E(x, y)$. исходную траекторию позитивного контраста $U_1(1,0)$, рассматривают на участке фиксированной области с наибольшей стороной, перпендикулярной направлению траектории. При отклонении на этом участке траектории фиксируется увеличение ее площади пропорционально большему изменению траектории.

Оператор ориентации О (блок 58) позитивного контраста $U_1(1,0)$ определяется наложением на исходное для преобразования (1) изображение $E(x, y)$ полосового фона, вращаемого на заданный угол ориентации. Вместо вращения фона может быть использована и вращаемая на угол ориентации анизотропная фильтрация $E(x, y)$. Промодулированные таким образом объекты, совпадающие с информативной ориентацией, дадут сигналы достаточной амплитуды, проходящие пороговое преобразование.

Оператор расстояния Р (блок 59) определяется наложением на исходное для преобразования (1) изображение $E(x, y)$ вращаемого полосового фона. В промодулированном таким образом сигнале исходного $E(x, y)$ негативного контраста И $(0,1)$, с высоким уровнем фона, низким - объекта, в определенный момент пространственной модуляции в полосу пропускания попадают малоразмерные объекты из компактных областей и отрезки траекторий расстояний между ними. Они в отличие от участков расстояния объекта до границы изображения имеют размытые фронты начала и окончания. По амплитудам центральной части этих отрезков оценивают расстояние. Таким образом, например, не зная пространственного положения трещин в течение цикла модуляции можно определить наименьшее расстояние между ними.

При позитивном контратре $U_1(1,0)$ операторы скорости V и ее изменения (блок 60) выделяются при преобразовании (2) пропорционально V: по изложению переднего и заднего фронта в направлении движения; по расщеплению площади следа, по снижению амплитуды.

Оператор направления движения Н (блок 61) определяется наложением на позитивного контраста $U_1(1,0)$ исходных для преобразования (2) изображения $E(x, y)$ полосового фона, вращаемого на информативный угол направления. Здесь также как и для оператора О может быть использован анизотропное преобразование $E(x, y)$. Промодулированные таким образом объекты, совпадающие с информативным направлением, дадут сигналы достаточной амплитуды, проходящие пороговое преобразование. Селекция приближения или удаления производится по крутизне фронта в направлении движения.

При позитивном контратре $U_1(1,0)$ вероятностные операторы математического ожидания М, дисперсии Д, среднеквадратического отклонения δ (блок 62) характеризуются пороговой селективной вершиной обобщенного рельефа растекания преобразованной по (1) совокупности. Причем пороговые преобразования вершины определяют: центральное положение области - М, ее амплитуду - Д, а квадратично преобразованное значение амплитуды - δ .

Оценки М, Д, δ могут быть эквивалентны распределению термооптика от дефектов скопления пор, раковин. При этом: М - соответствует центру скопления, Д - площади, δ - среднему радиусу.

5 Работа устройства согласно фиг. 6, 7 осуществляется следующим образом:

После включения устройства (блок 63) по алгоритму А2 (фиг. 8) производится ввод (блок 67) исходной информации в блок 11. Через значения электрических потенциалов И, I_B задаются значения потоков исходных Ф и вспомогательных F_a потоков излучений и эталонные для конкретного вида сварки (полученные ранее экспериментально) характеристики. В память блока 11 вводят входные и эталонные кадры изображений электрических потенциалов теоретирования И₁, И₂. Формируют согласно рассмотренному по фиг. 2.5 соответствующие конкретному технологическому процессу параметры, пороговые значения и характеристики, прежде всего определяющие выявленные согласно фиг. 5 операционные преобразования различных зон и областей визиривания. Их аргументами являются координаты x, у, длина волны и время t. Введенные исходные данные используют на начальном этапе в настройке, обучении и далее в периодической программной самодиагностики и самонастройке.

Настройка устройства 3 (блок 65) по программе блока 11 состоит из следующих операций.

Управляемый блоком 11 излучатель 5 формирует тепловой поток F_b величина которого определяется разностью потенциалов электрических сигналов температуры среди И₂ (формируется в блоке 11 от термодатчика 10) и температуры И исходного ИИ (фиксируется блоком 11 от термодатчика 8). Изменяющаяся температура среды посредством связей датчика 10 и блока 11, изменений в основном функционировании посредством связей блок 11 - излучатель 5 - термодатчик 8 - блок 11, отслеживается разностным сигналом, корректирующим первичное значение И. Таким образом стабилизируется разностный поток теплового излучения с излучателя 5 для настройки, и последующие самодиагностики и преобразований. Подобно рассмотренному обеспечивается стабилизация разностного уровня внешнего теплового потока с излучателя 9 посредством связей датчиков 10 - блок 11 и блок 11 - излучателе 9 - датчик 8 - блок 11. В обоих случаях при стабильном формировании излучения формирователей 5 или 9 даже при небольших значениях тепловых разностных сигналов, но при малом времени t легко получить значительные изменения $\Phi(U)$ во времени t. Например, не сложно воспроизвести изменения в тысячи градусов в секунду соответствует имитации высокотемпературных тепловых процессов в нормальных и экстремальных условиях формообразования

60 (технологического и зарождений дефектов в зонах сварного соединения, термического влияния, а также в различных металургических процессах в широком и т.д.). Достигается высокие точность, стабильность и большие диапазоны имитации широкого круга технологических и

технических объектов близко к динамике реального функционирования.

Посредством электронного преобразования ИИ можно не только обеспечить высокую точность настройки и самодиагностики, но даже один оптико-электронный канал многоканального устройства 3 позволяет тарировать остальные каналы. При этом регулируют усиление и выбирают положение рабочей точки в ответ на имитацию стандартных термовоздействий.

Согласно рассмотренному в режиме тестирования на излучатели 5 и 9 подаются соотвествующие сигналы I_5 , I_9 , управление с блока 11. Таким образом физически моделируются возможные реальные ситуации в нормальных и экстремальных условиях и проверяется работа всех оптико-электронных блоков и элементов устройства.

В результате нуль-компенсации тестовые сигналы излучателей 5 или 9, задаваемые блоком 11, исходные сигналы Φ тепловых следов 2 разными путями проходят блок 4, фильтры 6, 7, термодатчик 8 и формируются блоком 11. Задаваемый с блока 11 на излучатель 5 или 9 калибровочный поток Фок практически одновременно с основным потоком Φ преобразуется датчиком 8 и, соответственно, определяет нуль-компенсационный сигнал $(I_{\text{ок}} - \Phi_{\text{ок}})$, характеризующий уточненный контроль Φ с учетом электрических и оптических помех и погрешностей. Используя априорную информацию для конкретной технологии сварки посредством пространственно-управляемым блоком 11 частоты обтюрации в фильтре 6 исключают изъединение входных сигналов.

Результаты проводимых одновременно оптико-электронных преобразований в пространственно-управляемых от блока 11, блок 4, излучателях 5, 9, фильтрах 6 и 7, в термодатчиках 8 и 9, фиксируются и сравниваются с известными эталонами, результатами геотрекинга, записанными в блоке 11. Сравниваются погрешности в этих преобразований, которые соотносятся с истоками их возникновения в компонентах устройства. Порядком блока 11 и регистратора 12 уменьшение погрешностей осуществляется путем регулировки оптического и электронного каналов, масштабирования в блоках и элементах устройства, и табличных корректировок в блоке 11. При необходимости узлы с нерегулируемыми им и отязами, ремонтируют или заменяют в процессе эксплуатации устройства.

Таким образом, в соответствии с заданными в блоке 11 значениями I_5 и I_9 , исходным $\Phi(I)$ и вспомогательное $\Phi(I_{\text{ок}})$ излучения оптически одновременно формируют в блоке 4, излучателях 5 или 9, управляет пропусканием фильтра 6, оптически преобразуют фильтром 7 в электрические сигналы термодатчиком 8. После чего в блоке 11 производят сравнение преобразуемых сигналов с учетом заданных, в том числе пороговых и эталонных характеристик I_5 . Тем самым осуществляют настройку и обучение, которые подготовят устройство к надежной работе. Подобно рассмотренному проводят самодиагностику и обработку сигналов в процессе функционирования устройства.

Настроенное моделированием и формированием термовоздействий устройство готово к реализации заявляемого способа при отработке технологий с визированием зон 1-4 ОЗ5, ОЗ6 и визированием зон 1-3 ОЗ7 (обеспечивающим оптимизацию технологии, вплоть до восстановленного осмотра сварочного соединения 1,11), а также визированием ОЗ8, ОЗ9.

Рассмотрим реализацию устройством 3 проиллюстрированного фиг. 3-6 на следующем примере. Согласно вспомогательного блока спектральные оценки блоки 66 (20,42) по нагреты от излучателя 9 зонам 32 или пассивному термостопки от сварочного процесса оценивается

10 оператором $\Pi(\Gamma)$ спектральный состав излучения поверхности детали 17 с возможными на них загрязнениями. Обнаружение загрязнений детали помогает устранить перегрев и максимальный износ электродов, всплеск для

15 высокотемпературопроводных материалов; например у никелево-платинопроводных материалов, нарушения герметичности, трещин, раковин, вредных стапелей и других материалов. Загрязнение электрода ведет к перегреву, трещинам, раковинам,

20 ИИ от контролируемого объекта, проходя блок 4 и фильтр 6, в спектральном фильтре 7 преобразует по-разному в зависимости от спектрального состава. Для исключения ложного срабатывания от общего перекрытия

25 различных спектральных элементов используют в составе фильтра 7 вспомогательный опорный фильтр для последующего разностного суммирования в блоке 11 всех, в том числе и опорного, электрических сигналов датчика 8 от зон различной фильтрации. При прохождении в контролируемой среде, какого-либо объекта (детали, ската робота и т.д.) разностного суммарного сигнала не возникает и не происходит формирования ложных сигналов. Если же в контролируемом объекте,

30 например, в сосуде или в трубопроводе есть недопустимые дефекты, приводящие к термоградиентным участкам, или в процессе пайки тепловые потоки проходят через спектральные составляющие фильтра 7, соответствующие появлению определенных спектральных компонент, тогда возникает разностный сигнал $(I_{\text{ИИ}})$ обнаружения и интенсивности обнаруживаемого спектра вещества, больший соответствующего порога. Таким образом контролируют присутствие

35 загрязнений свариваемых поверхностей и электродов. При этом тепловой поток, содержащий сигнал определенного спектрального максимума разделяют путем фильтрации в разных спектральных диапазонах, а электрические сигналы отфильтрованные потоков разности усиливают.

Далее рассмотрение существа изобретения на конкретных сугубо иллюстративных примерах его использования для различных процессов контактной, рельефной сварки не означает, что такие решения единственно возможны и исчерпывают весь объем притязаний технического решения.

При включении тока по И от $+I(\Gamma)$ с учетом значительных колебаний питающей сети, а также технологических изменений толщины

количества свариваемых деталей определяют наличие сварочного процесса и диагностируемые состояния ДС1-ДС5 на стадии прогрева Γ_1 . В процессе прохождения тока подогрева I_h (блок 29 физ. 3) значение $+ \Gamma(t)$, большее или равное прогреваемым пороговым уровням позволяет предвидеть выплеск ДС1, перегрев ДС2. Значение $- \Gamma(t)$, большее или равное пороговым уровням, позволяет предвидеть непровар ДС4. Соответствующие синапсы с блока 11 могут обеспечить аддитивное управление системой 1.1 в течение сварочного цикла для текущей и следующей точки. На стадии контроля Ф2 во время прохождения сварочного тока до его выключения (блок 30 физ. 3) $+ \Gamma(t)$, большее или равное контролируемым пороговым уровням, определяет реальное состояние ДС1, ДС2, а $- \Gamma(t)$, меньшее или равное, оценивает ДС4. Появление выплеска на этой стадии характеризует обычно неправильный выбор режимов.

Контролируя достижения нормы ДС3 на стадии технологической подготовки избегают ухода литого ядра в одну из деталей.

На стадии анализа причин Ф4 диагностируемых состояний сварки ДС1, ДС2, ДС4 определяют следующее.

Выплеск ДС1: одна из причин, особенно при начальном выплеске, для легких сплавов и легкоплавких покрытий - износ электродов, вторая - загрязнение, третья - плохая обработка деталей электродами, четвертая - предельные отклонения твердости, пятая - края детали, шестая - предельные отклонения скатия электродов, седьмая - ухудшение охлаждения.

Перегрев ДС2: ведущий к износу электродов и нестабильной коррозионно опасной глубокой вмятине от электрода по Ф4 подобен ДС1, но более умерен в пороговом отношении.

Непровар ДС4: одна из причин для никотехнико-электропроплавки сталей титана и их сплавов - износ электродов, вторая - загрязнение, третья - некачественная сборка, четвертая - предельные отклонения твердости, пятая - шунтирование, в том числе от случайного касания токоведущих частей, особенно у легких сплавов и легкоплавких покрытий, шестая - предельные увеличения давления и предельные отклонения тока и времени.

По пороговому снижению уровней $\Gamma(t)$ во время прохождения тока в режиме уменьшением И определяют шунтирование от касания - деталью токоведущих частей оборудования, а также существенные изменения И от внешних значительных магнитных полей в сварочный контур.

Следующим качеством технологии сварного соединения блока геометрических оценок 67 (блоки 18, 19, 21, 22, 43, 44, 46, 48 и структуры 36, 48 физ. 3-6) посредством учета пассивного и активного (поглощающего помехоустойчивость при посторонних засветках) визирования 31, 32, 34 областей 035-037 может реализовываться по разному в зависимости от конкретных условий применения операторами Г, С, К, Р, О, У, И.

Базовый оператор Г может использоваться для оценки визирования 32 035-037, породив к приставке (пассивно визируемых сигнал проходит по основной цепи: блок 4, фильтры 6, 7, термодатчик 8,

блок 11 с превышением порога) и к краю (визирование с уровнем меньшим порога). Оператор Г(1) также может обеспечить контроль износа электродов по перегреву участка деталь-электрод. Фиксируемому через блок 4, фильтры 6, 7, термодатчик 8 с формированием оценки состояния в блоке 11.

Дублирующий Г оператор S может обеспечить визирование 32 035-037, определяя также порог к прихватке 1.10 или к краю по той же основной цепи преобразований: 4, 6-8, 11. Кроме того, он позволяет судить о режимах Р₀, F_x и D_{2,2}.

Оператор С (x,y,z,t_{1,2}) определяет контроль изменения формы и перекосов электродов, перекоса деталь-электрод по несимметричному вокруг электрода пассивному нагреву от, например, тока подогрева I_h или тока сварки I_s или от активного визирования блоком 9. Нагрев визируется в областях 035, 036 преобразованием по основной цепи 4, 6-8, 11 с пороговой селективной меньшего по амплитуде синуса замкнутости, связанных, характеризующего норму. При появлении существенного изменения формы или перекоса замкнутость нарушается, в связи с чем в блоке 11 анализируется возможная причина аномальных состояний ДС1, 2, 4, 5.

Оператор К (x, y, z,t₀) с визированием 035-037 позволяет оценить форму края, в то моменте совпадение с эталонной формой края определяет угол ориентации, что дает возможность аддитивно управлять движением робота при сварке конструкции. Кроме того, с помощью оператора К можно оценить форму дефекта, остроту трещины, форму электродов и износ относительно базового уровня. При этом основные преобразования производятся через блок 4 с управлением от блока 11 фильтры 6, где формируется вращаемая эталонная конфигурация, а затем через фильтры 7 и термодатчик 8 в блоке 11, где формируется результат сравнения.

Операторы Р(x,y,t₀) и О(x,y,z,t₀) обеспечивают расположивание края и контроль трещин и скелетов скоплений дефектов.

При визировании зон 31-34 образует 035-037 оператор О подобно рассмотренному определяется преобразованиями по основной цепи 4, 11, 6, 7, 8, 11.

Используя динамические характеристики геометрии движений градиентно-экстремального сигнала У_i в реперной области на держателе электрода оценивают состояние системы скатия электродов, временные стадии сварки, глубину вдавливания электрода в деталь. Таким образом, реализуемые геометрические оценки в блоке 67 позволяют предупреждать недопустимый износ электродов, аномальные состояния ДС1, ДС2, ДС4, совершенствовать управление движением.

Диагностируемые режимы оборудования, электродов и сварочного процесса, определение по амплитудным оценкам полей дефектов (блок 68) с помощью градиентов Г (блоки 22, 23 и структуры 26, 35, 37, 39, 43, 44 физ. 3 - 6) осуществляются посредством пассивного визирования 31, 38 областей 035-037, 038. Основное преобразование синапсов проводится по цепи 4, 6-8, 11. Оператор Г (о дублирующим

действием оператора S) при визировании на 039 для реперных точек или сходящихся к ним площадей с известной исправностью позволяет, например, с помощью дифференциальной прыщевитильности в течение цикла T_4 определять по H ; локализацию причин, а по I отклонения режимов: давления в системе 1.2, охлаждения - в системе 1.3, электрического питания и перегрева источника - в системе 1.4.

На примере контроля I : состояния кабеля вторичного контура 1.4.1 по $+G$ определяются критическими места износа кабеля при перегибе, более интенсивно нагреваемые током. Подобным образом обнаруживают перегрев в местах ослабления крепления токоподводящих элементов.

После визирования 31 области 035-037 оператор G позволяет в процессе нагрева оценивать по $+G(t)$ износ электродов (по перегреву и начальном выплеску), или непрорыв в соответствии с видом саэрируемых материалов. При этом приближением к границам диагностируемых состояний выплеска, перегрева для легких металлов и сплавов, легкоплавких покрытий, непрорыва для сталей и их сплавов, титана и его сплавов определяют износ электродов. Эффективность обнаружения износа характеризуется экономией электроэнергии, увеличением производительности, (часто увеличение расходов электроэнергии на 40% увеличивает производительность на 10%), уменьшением перегрева, трещин, улучшением качества с меньшей вероятностью непрорыва, выплеска, ракоин.

На стадии диагностирования ФЗ по охлаждению с $-G(t)$ оцениваются ДС1-ДС5, и главным образом аддитивно сформированные посредством ФД-ДС3, ДС5 (блок 32 фиг. 3). При этом полученные блоком 11 значения $-G(t)$ интегрируются по времени охлаждения под электродами и эта оценка позволяет судить о реальных размерах сварного соединения 1.11, в том числе твердой фазы 1.12 и литья ядра 1.15.

Контролируя $G(t)$ при охлаждении после отключения тока определяют согласно нормативным, экспериментально оцениваемым на стадии технологической подготовки данным оптимальные уровни включений и выключения проковы (блок 31 фиг. 3). Известно, что рациональная проковка, совмещаемая с оптимальной формой электродов, при тех же режимах сварки в 2-6 раз увеличивает его циклическую прочность.

В блоке 59 контролируется кривая остыния $G(t)$ сравнивается с записанными в память блока 11 кривыми - $G_{\alpha}(t)$ эталонных твердостей. По совпадению с одной из них оценивается контролируемая твердость при наименьшей погрешности для инкотермозащитропроводных сплавов. Приближенная оценка твердости деталей 1.7 после активного визирования зоны 32 035-037 с помощью излучателя 9 или после прогрева подогревовым током I_p позволяет в реальном времени существенно влиять на качество сварки при оперативно оцениваемых изменениях твердости в 1.5-2 раза. Контролируемая после сварки твердость характеризует достигнутый уровень и может быть использована для обеспечения

качественной сварки следующего сварного соединения.

Контроль и диагностика градиентно-экстремального сигнала U , позволяет по локальному перегреву в процессе охлаждения обнаруживать поверхностные и подповерхностные дефекты несплошности деталей и сварного соединения, а также по изменению типа контраста в процессах нагрева и охлаждения или охлаждения с переходом от негативного $U(0,1)$ к позитивному $U(1,0)$ контрасту обнаруживать внутренние дефекты несплошности.

В отличие от менее изменивших по температуре вариаций твердости 15 рассмотренный градиентно-экстремальный термоактивный сигнал U перегрева в процессе охлаждения для дефектов поверхности и поверхностных следов внутренних дефектов (блок 70) локально часто более изменчив (блок 24-27) и обычно требует для распознавания различные операторы: сценок геометрии, взаимного положения, движения и вероятности, представленные алгоритмом А1 фиг. 7. При этом квантуют и бинарно преобразуют градиентно-экстремальные сигналы, диагностируемых объектов, преимущественно дефектов несплошности, по распределению позитивного контраста $U(1,0)$ определяют геометрические центры траекторий скелетов, местоположение, разветвленность узлов протяженных траекторий, изменения направления траектории в сопряжении с эталонным, площадь, объем, протяженность, конфигурацию, ориентацию, скорость, направление движения, статистические оценки распределения объектов по распределению негативного контраста $U(0,1)$ определяют замыкнутость (связанность) траекторий, конфигураций объектов, расположенных между ними.

Вероятностная анализ (блок 71) дефектов и границ диагностических состояний предназначен для оптимизации управления качеством. При этом статистическая обработка информации о дефектах для увеличения циклической прочности важна еще и тем, что даже допустимые дефекты являются концентраторами напряжения, т. е. уменьшают усталостную прочность. Контроль дефектов внешних и внутренних проводится согласно табл. 1 и фиг. 3-7 как для деталей так и для результатов сварного соединения 1.11.

50 Рассматриваемый полный комплекс термоизмерительных оценок многостороннего визирования на образцах сварных соединений с обеспечением ТСД собираемой и затем свариваемой конструкции определяет подготовку производства. Производственный процесс на базе отработанной технологии характеризуется существенно меньшими объемами визуемых преобразований, достаточными для конкретных объектов О, функций Ф, зон и областей визирования.

55 Таким образом, достигнутый технический результат состоит в том, что существенно повышается надежность и расширяются функциональные возможности диагностирования в реальном времени ведения контактной сварки за счет следующего. При настройке самодиагностики

и работе формируют термовоздействия, основное и вспомогательное (через отверстие зеркального объекта), излучение на объекты 02-08, что позволяет существенно снизить оптико-электронные статические, динамические, погрешности, обеспечить необходимые функции Ф1-Ф5 и большой спектр преобразований ТСД на основе термоизмерительных оценок.

Спектральным контролем на основе частотной селекции ИИ оценивают уровень и возможность появления дефектов по распознаваемым загрязнениям поверхности деталей и электродов.

Градиентно-экстремальным преобразованием временных и пространственных изменений амплитуд исходных сигналов о высокой помехоустойчивости обеспечивает все термоизмерительные преобразования с минимальным влиянием изменений, теплоподачи и теплофизических характеристик.

Световодная, точечная организация пассивного и активного излучения исходной информации из различных зон передвижки по центру и позади сварного соединения областей визирования под подвижными или (и) неподвижными электродами или (и) между ними, релейных точках на держателе подвижного электрода, на контролируемых поверхностях оборудования обеспечивает расширенный спектр преобразований ТСД качества сварки.

Совместное использование формируемых термовоздействий, спектральных градиентно-экстремальных преобразований и рационального оптикоэлектронного визирования ИИ выбранных информативных зон обеспечивает следующие основные термоизмерительные сценки диагностирования (в свою очередь определяемые и определяющие прогноз, контроль и адаптивное управление).

По снижению суммарной оценки термоочувствительных элементов датчика - шунтирование от касания деталей токоведущих частей, внесение значительных магнитных масс в сварочный контур без недопустимого снижения напряжения питания.

По суммарной оценке с приближением к граничным диагностируемым состояниям выплеска, перегрева или непропара по видам различных металлов и сплавов - износ электродов.

Суммарной оценкой и соответствующими группами порогов по времени цикла происходит, контролируют диагностируемые состояния выплеска, перегрева, нормы, непропара и твердой фазы.

С помощью суммарной интегрирующей оценки времени оставления под электродами контролируют уровень достигнутых размеров.

По точечной динамической оценке движений электрода в состоянии системы сжатия, временные стадии сварки и глубину вдавливания электрода в деталь.

Текущее геометрическое оценивание формы и установки электродов, перехода детали электрод, подвода к приватке, краю, месту износа оборудования.

Точечными оценками оставления путем контроля совпадения текущей

термоградиентной кривой с одной из кривых эталонных твердостей оценивают твердость деталей или сварного соединения; снижение экстремально-градиентного сигнала - острые кромки пожара на деталях от вдавливания электрода; перегревом, изменением контраста - дефекты поверхности, в глубине деталей и сварного соединения.

геометрические оценки: по позитивному контрасту $U_{(1,0)}$ - центра, скелетов, траекторий, местоположения

и разветвленности узлов протяженных траекторий, изменения их направлений, ориентации, объемов, площади, протяженности, скорости, направления движения объектов, статистической оценки их соединности; по негативному контрасту $U_{(0,1)}$ - замкнутости (связности) траекторий и конфигураций, расстояния между ними.

Формула изобретения:

- 20 1. Способ диагностики контактной сварки, включающий оптическое формирование инфракрасного излучения тепловых излучателей сварного соединения из околосварной области поверхности детали, преобразование излучения в электрический сигнал, сравнение его с заданными пороговыми уровнями, обеспечение заданного стакивания пороговым рассогласованием, отличающимся тем, что формируют термоградиенты инфракрасного излучения, определяют объекты диагностирования, частотно фильтруют инфракрасное излучение и по нему определяют состояние поверхности, загрязнение деталей и электродов, электрические преобразования осуществляют термоградиоником с точечной поверхностью восприятия тепловых сигналов с формированием из них электрического сигнала U_i , где i - номер точечного элемента, учитывают влияние колебаний напряжения электрической питющей сети, технологических изменений толщины свариваемых деталей и их количества на диагностируемые градиентно-стратовые сигналы, временные, пространственные изменения амплитуды исходных сигналов, размышают, преобразуют их в градиентно-экстремальные сигналы путем моделирования дифференциального уравнения теплопроводности, по суммарному электрическому сигналу U с термоочувствительных элементов датчика при вспышки тока определяют наличие сварочного процесса, на выбранном участке нестационарного тока определяют возможность выплеска, перегрева, нормы, непропара, наличие твердой фазы, пороговыми синхронизациями уровней определяют шунтирование от касания деталью токоведущих частей оборудования, внесение значительных магнитных масс в сварочный контур, пороговым превышением уровня от релейных областей сварочного оборудования определяют его перегрев, определяют износ электродов при приближении к границам диагностируемых состояний выплеска, перегрева для легких металлов и сплавов, лекоплавких покрытий, непропара для сталей и их сплавов, титана и его сплавов, интегрированием U по заданному времени оставления деталей под электродами
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

RU 2133179 C1

определяют уровни достигнутых размеров сварного соединения, по динамики градиентно-экстремального сигнала U_1 ; в рабочей области на держателе электрода оценивают состояние системы сжатия электродов, временные стадии сварки, глубину вдавливания электрода в деталь, по плоскостному распределению градиентно-экстремальных сигналов U_1 ; определяют подходы к прихватке, к краю свариваемых деталей, геометрически определяют форму и перекос электродов, перекос деталей относительно электродов, локализуют области перегрева, по которым определяют износ оборудования; в том числегибкого кабеля сварочного тока, ослабление крепления токопроводящих элементов, при локальном уменьшении уровня U_1 ; нагрева определяют острые кромки поверхностных дефектов, в том числе поиск на детали от вдавливания электрода, при локальном перегреве в процессе охлаждения сварного соединения обнаруживают поверхностные и подповерхностные дефекты несплошности деталей и сварного соединения, при совпадении термоградиентных кривых остыния одного из эталонных и контролируемого участков определяют твердость участка детали или сварного соединения, квантуют и бинарно преобразуют градиентно-экстремальные сигналы

диагностируемых объектов с получением сигналов позитивного $U_{1(0)}$ и негативного $U_{1(0,1)}$ контрастов, по распределению позитивного контраста $U_{1(1,0)}$ определяют геометрические центры, траектории скелетов, местоположение, разветвленность узлов протяженных траекторий, изменение направления траекторий в сравнении с эталонным, площадь, объем, протяженность, конфигурацию, ориентацию, скорость, направление движения, статистические оценки распределения объектов, по распределению негативного контраста $U_{1(0,1)}$ определяют замкнутость траекторий, конфигураций объектов, расстояния между ними.

15 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что инфракрасное излучение тепловых следов сварного соединения по крайней мере при технологической подготовке производства оптически формируют из междуподеленной области.

10 3. Способ по п.1, отличающийся тем, что по изменению типа контраста в процессах нагрева и охлаждения или охлаждения с переходом от негативного $U_{1(0,1)}$ к позитивному $U_{1(1,0)}$ контрасту распределения градиентно-экстремальных сигналов определяют наличие или отсутствие внутренних дефектов несплошности.

RU 2133179 C1

30

35

40

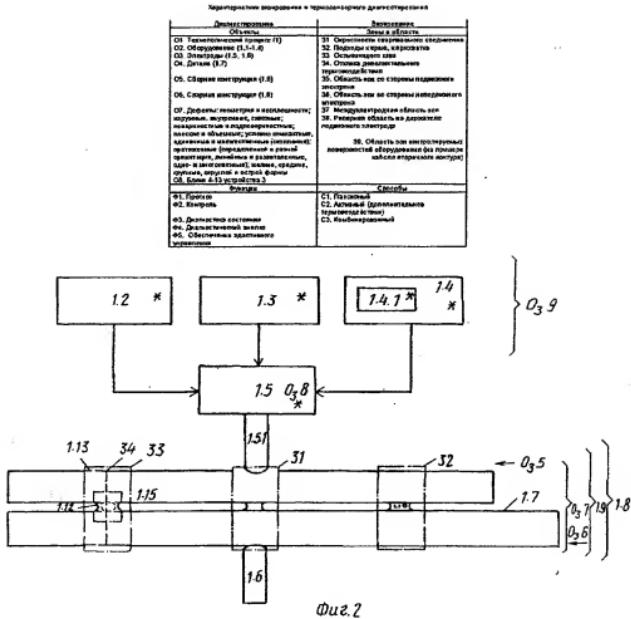
45

50

55

60

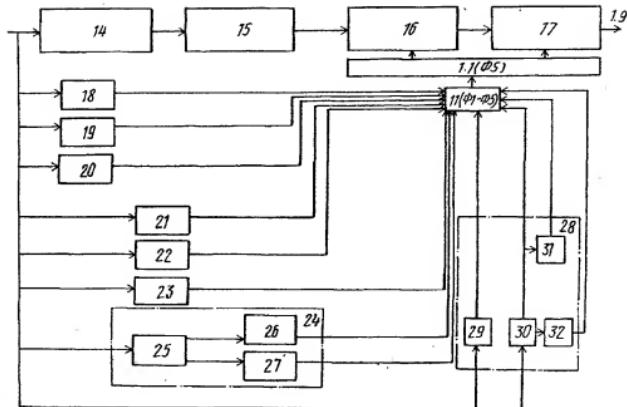
-15-



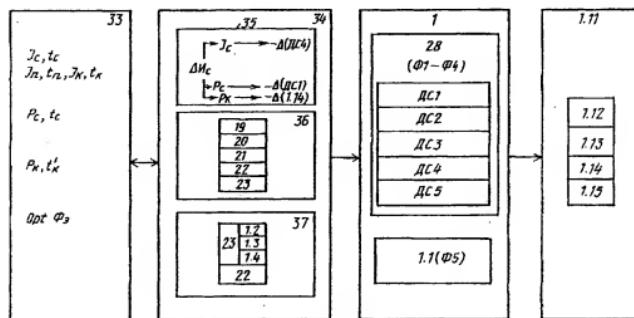
Фиг. 2

R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1

R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1



Фиг. 3

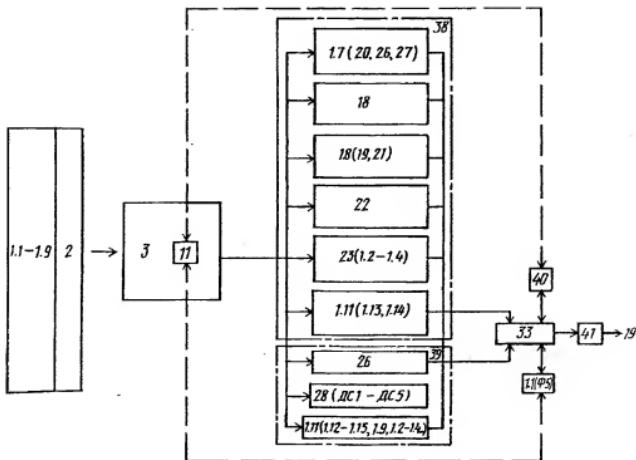


Фиг. 4

R U
2 1 3 3 1 7 9 C 1

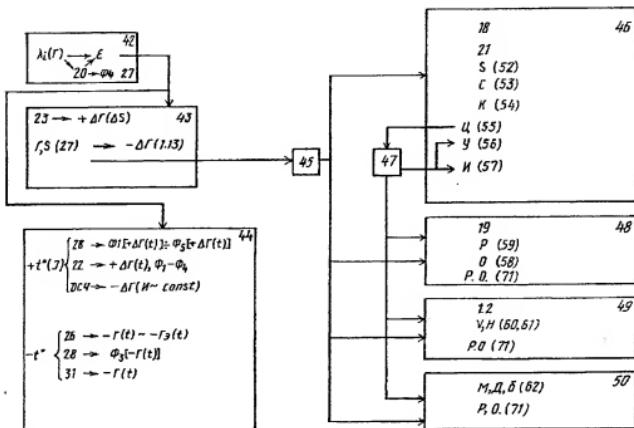
R U 7 1 3 3 1 7 9 C 1

Фиг.5

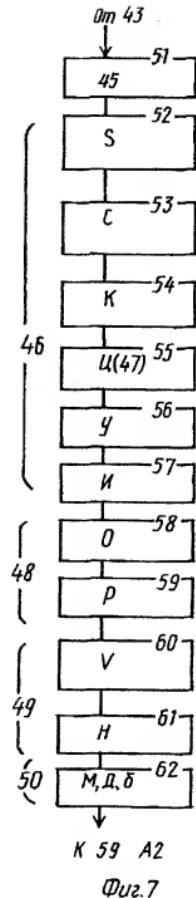


R U 2 1 3 3 1 7 9 C 1

Фиг.6



RU 2133179 C1



RU 2133179 C1



Фиг.8